

Beschreibung **IAP5 Rec'd PCT/PTO 30 AUG 2006****Substrat mit einem Fabry-Perot-Filter und Verfahren zum Aufbringen des Filters auf das Substrat**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Substrat mit einem darauf aufgebracht, aus wenigstens drei Schichten bestehenden Fabry-Perot-Filter, wobei eine erste und eine zweite reflektierende Schicht des Filters mit einander zugewandten reflektierenden Oberflächen durch einen Spalt der Dicke d voneinander beabstandet sind und eine in dem Spalt liegende lichtdurchlässige Zwischenschicht einschließen.

Derartige Fabry-Perot-Filter, auch Fabry-Perot-Schichten genannt, werden z. B. auf dekorative Folien aufgedampft. Gemäß der EP 0 878 899 besteht das Schichtsystem des Filters aus einer metallisch reflektierenden Grundsicht, auf die eine transparente SiO-Zwischen-Schicht mit einer Schichtdicke zwischen 50 und 2.000 nm aufgebracht wird. Den Abschluss des Schichtsystems bildet eine teildurchlässige reflektierende Schicht eines Metalls in der Dicke zwischen 0,2 und 60 nm. Mit solchen Schichten lassen sich zwar interessante Farbgestaltungen realisieren. Sie können aber mit der zur Zeit zum Einsatz kommenden Technik nur mit einem hohen Herstellungsaufwand realisiert werden.

Übliche Vakuumbeschichtungsanlagen sind nämlich lediglich in der Lage, in einem Durchlauf des Substrats nur jeweils eine Schicht aus einem bestimmten Material aufzubringen. Besteht eine Beschichtung aus mehreren Schichten, so sind mehrere Durchläufe notwendig, was zur Folge hat, dass für jeden Durchlauf die Anlage neu beschickt und evakuiert werden muss. Die hierfür benötigte Zeit und der entspre-

chende Personalaufwand vermindern die Produktivität und erhöhen die Produktionskosten.

Man könnte sich zwar vorstellen, in einer Vakuumbeschichtungsanlage mehrere Beschichtungsstationen unterzubringen, in denen das Substrat sukzessive mit unterschiedlichen Schichten versehen wird. Dieser Weg ist in der Regel aber nicht gangbar, weil damit erhebliche zusätzliche Investitionskosten verbunden sind.

Die Erfindung beruht somit auf dem Problem, einen Fabry-Perot-Filter als Beschichtung eines Substrats zu schaffen, der ähnliche Farbeffekte aufweist wie bisher bekannte Beschichtungen, wobei der Filter so beschaffen ist, dass er mit üblichen Produktionsanlagen realisiert werden kann.

Die Erfindung beruht weiterhin auf dem Problem, ein Verfahren darzustellen, mit dem eine solche Beschichtung in einer Anlage mit nur einer Verdampfungsstation auf das Substrat aufgebracht werden kann.

Das erstgenannte Problem wird dadurch gelöst, dass die reflektierenden Schichten aus demselben Grundmaterial bestehen und die Zwischenschicht aus einer chemischen Verbindung dieses Grundmaterials mit einem weiteren Material.

Ein solcher Schichtaufbau hat, wie Versuche mit Aluminium als Grundmaterial und Sauerstoff als weiteres Material dargelegt haben, gezeigt, dass die entstehenden Filter ähnliche Farbeffekte hervorrufen wie die Fabry-Perot-Schichten gemäß dem oben zitierten Stand der Technik. Sie lassen sich aber wesentlich einfacher und mit einfacheren Mitteln auf ein Substrat aufbringen. Die Verdampfungsanlage einer Beschichtungsanlage braucht lediglich mit ei-

nem Grundmaterial bestückt zu werden, wobei durch dessen Verdampfung die beiden Reflektionsschichten gebildet werden. Zur Bildung der Zwischenschicht wird dem Metaldampf das weitere Material zugeführt, so dass es sich mit dem Grundmaterial auf der ersten reflektierenden Schicht niederschlagen kann.

Üblicherweise handelt es sich bei dem Grundmaterial um ein Metall und bei dem weiteren Material um Sauerstoff, der über entsprechende Zuleitungen in die evakuierte Verdampfungskammer eingeleitet werden kann. Die dazu notwendigen Systeme und Vorgehensweisen sind bekannt. Durch die Zuführung von Sauerstoff entsteht eine sogenannte reaktive Beschichtung, weil sich der Sauerstoff zum Teil mit den Metallatomen oder -ionen bzw. Molekülen in der Metallverdampfungswolke chemisch verbindet, zum Teil mit dieser auf dem Substrat niedergeschlagen wird und erst dort eine Verbindung mit dem Metall eingeht. Die Reaktionen laufen dabei aber nicht vollständig, so dass gewolltemaßen Beschichtungen entstehen, die nicht unbedingt eine stöchiometrische Verteilung der beteiligten Reaktionspartner aufweisen.

Besonders einfach lässt sich Aluminium als Grundmaterial verarbeiten, so dass die Zwischenschicht aus einem Aluminiumoxid mit der Strukturformel Al_2O_3 besteht.

Statt Sauerstoff kann auch Stickstoff verwendet werden, so dass als Zwischenschicht eine Metall-Stickstoff-Verbindung vorliegt, bzw. Aluminiumnitrid, wenn es sich bei dem Metall um Aluminium handelt.

In einigen Fällen, z. B. insbesondere dann, wenn es sich bei dem Substrat um Folien bzw. Verpackungsfolien handelt, soll das Filtermaterial insgesamt lichtundurchlässig sein. Dies wird dadurch erreicht, dass die an das

Substrat anschließende, erste reflektierende Schicht lichtundurchlässig ist und die außen liegende, zweite reflektierende Schicht teildurchlässig ist. Erreicht wird dies durch entsprechende Dicken der jeweiligen Schichten. Werte, die hierfür in Frage kommen, liegen für die erste reflektierende Schicht zwischen 50 und 200 nm und für die zweite reflektierende Schicht zwischen 1 bis 20 nm, wobei die Zwischenschicht je nach gewünschter Eigenschaft des Filters zwischen 50 bis 2.000 nm dick ist.

Zur Lösung des zweiten Problems sieht die Erfindung ein Verfahren zum Aufbringen eines Filters vor, das die folgenden Schritte aufweist.

- Bereitstellen einer Vakuumbeschichtungsanlage mit einer Verdampfungseinrichtung in einer evakuierbaren Vakuumkammer und einer Materialzuführeinrichtung.
- Beschicken der Verdampfungseinrichtung mit dem Grundmaterial.
- Schließen der Vakuumkammer und Erzeugen eines Vakuums darin.
- Ausschließliches Verdampfen des Grundmaterials, so dass es sich zu einer ersten Schicht auf dem Substrat niederschlägt.
- Verdampfen des Grundmaterials bei gleichzeitigem Einbringen des weiteren Materials in die Vakuumkammer, so dass das mit der ersten Schicht versehene Substrat reaktiv mit einer Zwischenschicht aus dem Grundmaterial und dem weiteren Material bedampft wird.

- Ausschließliches Verdampfen des Grundmaterials, so dass es sich zu einer zweiten reflektierenden Schicht auf der Zwischenschicht niederschlägt.
- Öffnen der Beschichtungskammer und Entnahme des mit dem Filter versehenen Substrates.

Wie man den Verfahrensschritten entnehmen kann, ist eine Vakuumbeschichtungsanlage mit nur einer einzigen Verdampfungseinrichtung in der Lage, die Beschichtung in einem Evakuierungszyklus durchzuführen. Die Anlage muss nur einmal evakuiert werden. Erst nachdem der aus drei Schichten bestehende Fabry-Perot-Filter vollständig aufgebaut ist, wird die Beschichtungsanlage wieder geöffnet und das beschichtete Substrat entnommen.

Da, wie schon oben ausgeführt, als weiteres Material ein Gas, insbesondere Sauerstoff, zugeführt wird, besteht die Materialzuführeinrichtung aus einem Gasanschluss mit einer Lanzette, mit der das Gas in den Bereich der Verdampfungswolke geleitet wird.

Zum Beschichten von Folien weist die Beschichtungsanlage eine gekühlte Beschichtungswalze auf, auf der die Folie abgerollt wird und dabei von der unter der Verdampfungswalze angeordneten Verdampfungseinrichtung beschichtet wird. Des Weiteren weist die Vakuumkammer zwei Vorratsrollen auf, wobei die Folie zunächst von der ersten Vorratsrolle abgewickelt und auf die zweite Vorratsrolle aufgewickelt wird. Zum Aufbringen der Zwischenschicht vertauschen die beiden Rollen ihre Funktion. Die im ersten Durchgang aufgewickelte Rolle wird wieder abgewickelt, so dass sich die erste Rolle wieder füllt. In einem dritten Durchgang wird die zweite Reflektionschicht aufgebracht, wobei die Folie wieder von der ers-

ten Rolle abgewickelt und auf die zweite Rolle aufgewickelt wird.

Wie sich aus den Erläuterungen ergibt, brauchen daher bekannte einfache Beschichtungsanlagen nicht wesentlich geändert zu werden. Es muss lediglich dafür gesorgt werden, dass zusätzlich vorgesehene Führungsrollen zum Zuführen der Folie zu den Vorratsrollen so angeordnet und eingesetzt werden, dass das System sowohl in der einen als auch in der anderen Richtung von der Folie durchlaufen werden kann.

Im Folgenden soll daher anhand eines Ausführungsbeispiels die Erfindung näher erläutert werden. Dazu zeigt:

- Fig. 1 einen typischen Aufbau eines Fabry- Perot-Filters auf einem Substrat,
- Fig. 2 ein Diagramm mit den Reflektionseigenschaften des Filters bezogen auf verschiedene Wellenlängen sowie in Abhängigkeit von der Dicke d der Zwischenschicht ,
- Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Vakuumbeschichtungsanlage.

Zunächst wird auf die Figur 1 Bezug genommen. Diese zeigt im Querschnitt einen Fabry-Perot-Filter 1 auf einem Substrat 2. Der Filter 1 besteht aus drei Schichten, nämlich einer ersten Reflektionsschicht 4 aus Aluminium, einer darauf aufgetragenen Zwischenschicht 5 der Dicke d aus Aluminiumoxid Al_2O_3 , sowie eine darauf aufgetragene zweite Reflektionsschicht 6 ebenfalls aus Aluminium. Wie man erkennt, ist die erste Reflektionsschicht 4 deutlich dicker als die zweite Reflektionsschicht 6. Die erste Re-

flektionsschicht 4 ist daher lichtundurchlässig, während die zweite außenliegende Schicht 6 teildurchlässig ist.

Licht 7, das in den Filter 1 eindringt, wird zwischen den reflektierenden Flächen 8, 9 der reflektierenden Schichten 4, 6 hin- und hergeworfen, wobei Licht mit einer Wellenlänge, das der Dicke d der Zwischenschicht 5 entspricht, durch Interferenz zum Teil absorbiert wird. Dadurch ergeben sich die in dem Diagramm der Figur 2 dargestellten Spektren 10, 11.

Auf der X-Achse des Diagramms sind die Wellenlängen zwischen 400 und 800 nm abgetragen, auf der Y-Achse die Reflektanz des Filters in Prozent. Den beiden Spektren 10, 11 liegt jeweils ein Filter zugrunde, bei dem die erste reflektierende Schicht 4 eine Dicke von 100 nm und die zweite reflektierende Schicht 6 eine Dicke von 10 nm aufweist. Für das eine Spektrum 10 (dicke Kurve) beträgt die Dicke der Zwischenschicht 200 nm, so dass Wellenlängen im Bereich von 530 nm stark absorbiert, d. h. nicht reflektiert werden. Für eine Dicke von 62,5 nm der Zwischenschicht ergibt sich das andere Spektrum 11 (dünne Kurve) mit einem Reflektionsminimum für Wellenlängen um 430 nm.

Eine Schicht gemäß dem einen Spektrum 10 weist somit eine reduzierte Reflektion im grünen Bereich auf, so dass sich ein deutlich purpurfarbener Reflex ergibt. Für das andere Spektrum 11 ergibt sich ein gelblich-grüner Farbreflex.

Die Beschichtung wird mit mittels einer Beschichtungsanlage auf eine Folie aufgebracht, wie dies in der Figur 3 schematisch gezeigt ist.

Die Anlage 20 besteht aus einer zweigeteilten Vakuumkammer 21 mit einer unteren und einer oberen Vakuumkammer 22, 22', wobei in der unteren Kammer 22 eine Verdamp-

fungseinrichtung 23 angeordnet ist. Hierbei kann es sich z. B. um einen Tiegel handeln, der das zu verdampfende Material aufnimmt, das in dem Tiegel mittels hier nicht näher dargestellter Elektronenkanonen verdampft wird. Der Dampf 24 trifft auf eine Folie 25, die über eine gekühlte Beschichtungswalze 26, die sich in einer Öffnung in einer Trennwand 27 zwischen den beiden Vakuumkammern 22, 22' befindet, abgerollt wird. In der unteren Vakuumkammer 22 befindet sich zusätzlich eine Lanzette 28, über die über einen Außenanschluss 29 ein Gas, z. B. Sauerstoff, in die Verdampfungswolke 24 geleitet werden kann. In der oberen zweiten Vakuumkammer 22' befindet sich eine erste Vorratsrolle 30 und eine zweite Vorratsrolle 31. In einem ersten Durchgang wird die erste Vorratsrolle 30 abgewickelt und die Folie auf die zweite Vorratsrolle 31 aufgewickelt. Dabei wird das im Tiegel verdampfende Material, also z. B. Aluminium, auf die Folie aufgebracht. Die Schichtdicke wird dabei vor allem durch die Transportgeschwindigkeit der Folie bestimmt. In einem zweiten Durchlauf wird der Wickelvorgang umgekehrt. Die Folie 25 wird von der zweiten Vorratsrolle 31 abgewickelt und wieder zurück auf die erste Vorratsrolle 30 gebracht. Bei diesem zweiten Durchlauf wird Sauerstoff über die Lanzette 28 in die Verdampfungswolke 24 eingebracht. Dabei kann der Verdampfungswolke 24 noch ein Mikrowellenfeld überlagert werden. Der Sauerstoff verbindet sich mit den verdampften Metallatomen und schlägt sich mit diesen auf die erste Reflektionsschicht 4 als Zwischenschicht 5 nieder. Die chemische Verbindung zu Aluminiumoxid tritt zum Teil erst dann ein, wenn beide Materialien als Schicht niedergeschlagen sind. Dieser Vorgang wird auch als reaktives Beschichten bezeichnet.

Im dritten Durchgang wird die Transportrichtung der Vorratsrollen 30, 31 wieder umgekehrt und durch ausschließ-

liches Verdampfen des Metalls die zweite reflektierende Schicht aufgebracht.

Bezugszeichenliste

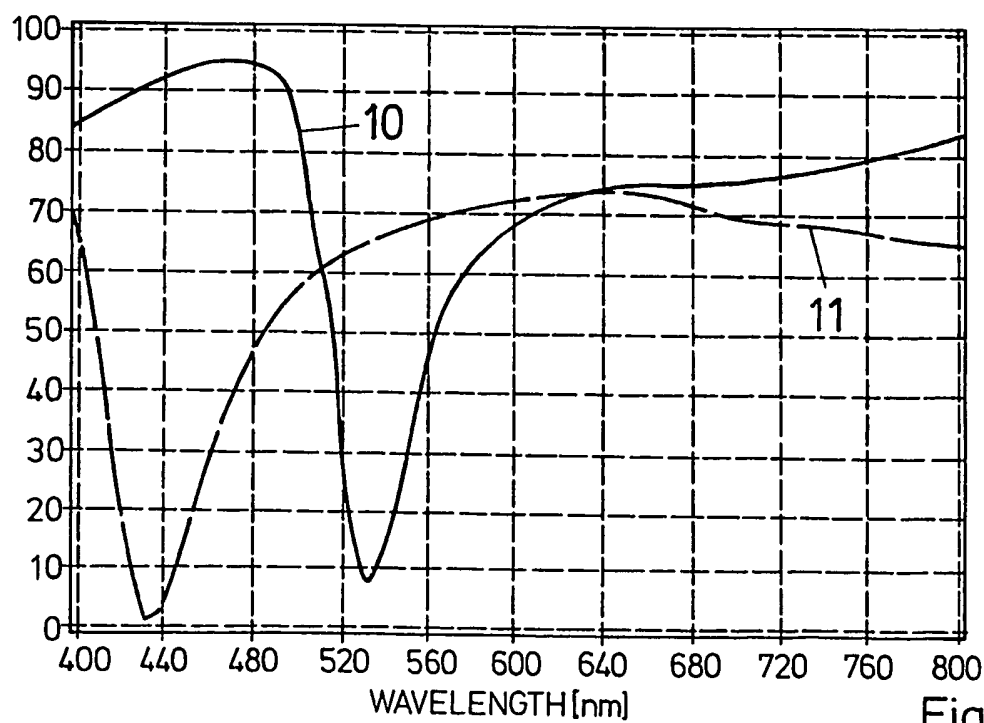
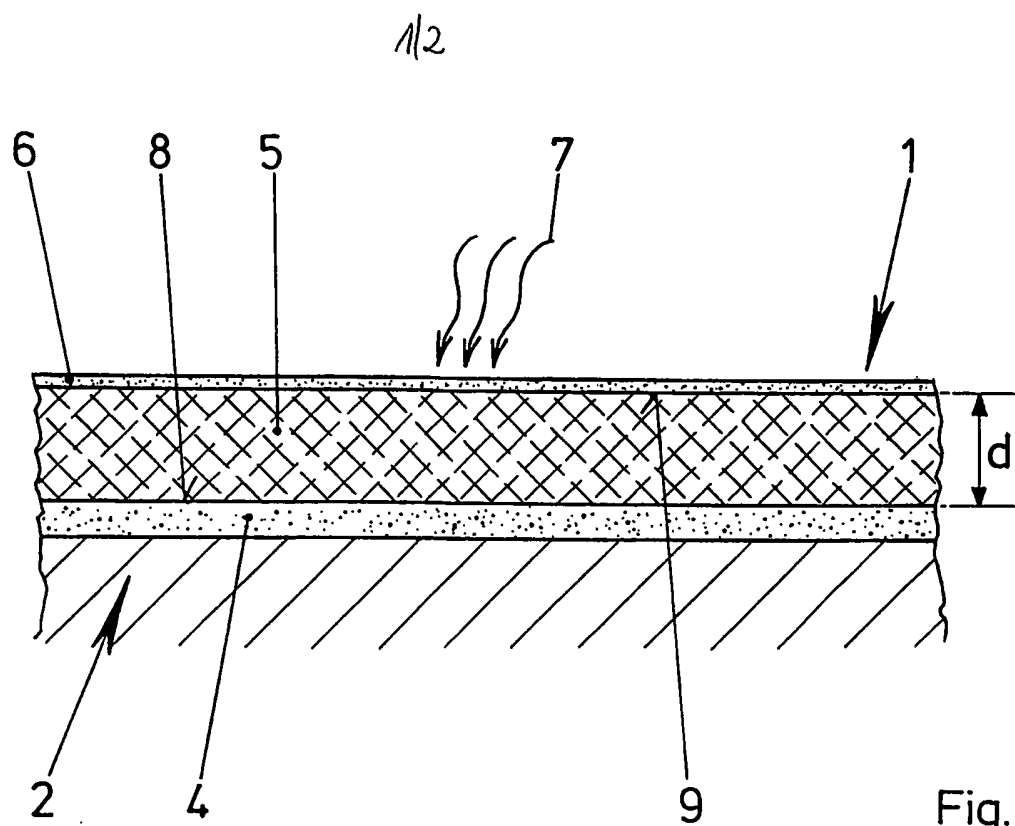
| | |
|--------|---------------------------|
| 1 | Fabry-Perot-Filter |
| 2 | Substrat |
| 3 | |
| 4 | erste Reflektionsschicht |
| 5 | Zwischenschicht |
| 6 | zweite Reflektionsschicht |
| 7 | Licht |
| 8, 9 | Flächen |
| 10, 11 | Spektren |
| 12 | |
| 13 | |
| 14 | |
| 15 | |
| 16 | |
| 17 | |
| 18 | |
| 19 | |
| 20 | Anlage |
| 21 | Vakuumkammer |
| 22 | untere Kammer |
| 22' | obere Kammer |
| 23 | Verdampfungseinrichtung |
| 24 | Verdampfungswolke |
| 25 | Folie |
| 26 | Beschichtungswalze |
| 27 | Trennwand |
| 28 | Lanzette |
| 29 | Außenanschluss |
| 30 | erste Vorratsrolle |
| 31 | zweite Vorratsrolle |

Patentansprüche

1. Substrat mit einem darauf aufgebracht, aus wenigstens drei Schichten bestehenden Fabry-Perot-Filter, wobei eine erste und eine zweite reflektierende Schicht des Filters mit einander zugewandten reflektierenden Oberflächen durch einen Spalt der Dicke d voneinander beabstandet sind und eine in dem Spalt liegende lichtdurchlässige Zwischenschicht einschließen, dadurch gekennzeichnet, dass die reflektierenden Schichten (4, 6) aus demselben Grundmaterial bestehen und die Zwischenschicht (5) aus einer chemischen Verbindung dieses Grundmaterials mit einem weiteren Material besteht.
2. Substrat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Grundmaterial ein Metall ist und das weitere Material Sauerstoff, so dass die reflektierenden Schichten (4, 6) metallische Schichten sind und die Zwischenschicht (5) aus einem Metalloxid in stöchiometrischer oder nicht stöchiometrischer Zusammensetzung gebildet ist.
3. Substrat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Metall Aluminium ist und die Zwischenschicht (5) damit aus einem Aluminiumoxid besteht.
4. Substrat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Grundmaterial ein Metall ist und das weitere Material Stickstoff, so dass die reflektierenden Schichten (4, 6) metallische Schichten sind und die Zwischenschicht (5) aus einer Metall-Stickstoff-Verbindung in stöchiometrischer oder nicht stöchiometrischer Zusammensetzung gebildet ist.

5. Substrat nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Metall Aluminium ist und die Zwischenschicht (5) damit aus einem Aluminiumnitrid besteht.
6. Substrat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die an das Substrat (2) anschließende erste reflektierende Schicht (4) lichtundurchlässig und die außenliegende zweite reflektierende Schicht (6) teildurchlässig ist.
7. Substrat nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die an das Substrat (2) anschließende erste reflektierende Schicht (4) zwischen 10 und 200 nm, die zweite reflektierende Schicht (6) zwischen 1 und 20 nm und die Zwischenschicht (5) je nach gewünschter Eigenschaft des Filters (1) zwischen 50 und 2000 nm dick ist.
8. Verfahren zum Aufbringen eines Filters auf ein Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
 - Bereitstellen einer Vakuumbeschichtungsanlage mit einer Verdampfungseinrichtung in einer evakuierbaren Vakuumkammer und einer Materialzuführeinrichtung;
 - Beschicken der Verdampfungseinrichtung mit dem Grundmaterial;
 - Schließen der Vakuumkammer und Erzeugen eines Vakuums darin;
 - Ausschließliches Verdampfen des Grundmaterials, so dass es sich zu einer ersten Schicht auf dem Substrat niederschlägt;

- Verdampfen des Grundmaterials bei gleichzeitigem Einbringen des weiteren Materials in die Vakuumkammer, so dass das mit der ersten Schicht versehene Substrat mit einer Zwischenschicht aus dem Grundmaterial und dem weiteren Material reaktiv bedampft wird;
 - Ausschließliches Verdampfen des Grundmaterial, so dass es sich zu einer zweiten reflektierenden Schicht auf der Zwischenschicht niederschlägt;
 - Öffnen der Beschichtungskammer und Entnahme des beschichteten Substrates.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Materialzuführeinrichtung um einen Gasanschluss handelt.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem zu beschichtenden Substrat um eine Folie (25) handelt, die über eine sich über der Verdampfungseinrichtung befindende Beschichtungswalze (26) abgerollt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Vakuumkammer zwei Vorratsrollen aufweist, wobei die Folie zum Aufdampfen der einzelnen Schichten abwechselnd von der einen Vorratsrolle (30, 31) abgewickelt und auf die jeweils andere (31, 30) aufgewickelt wird.



2/2

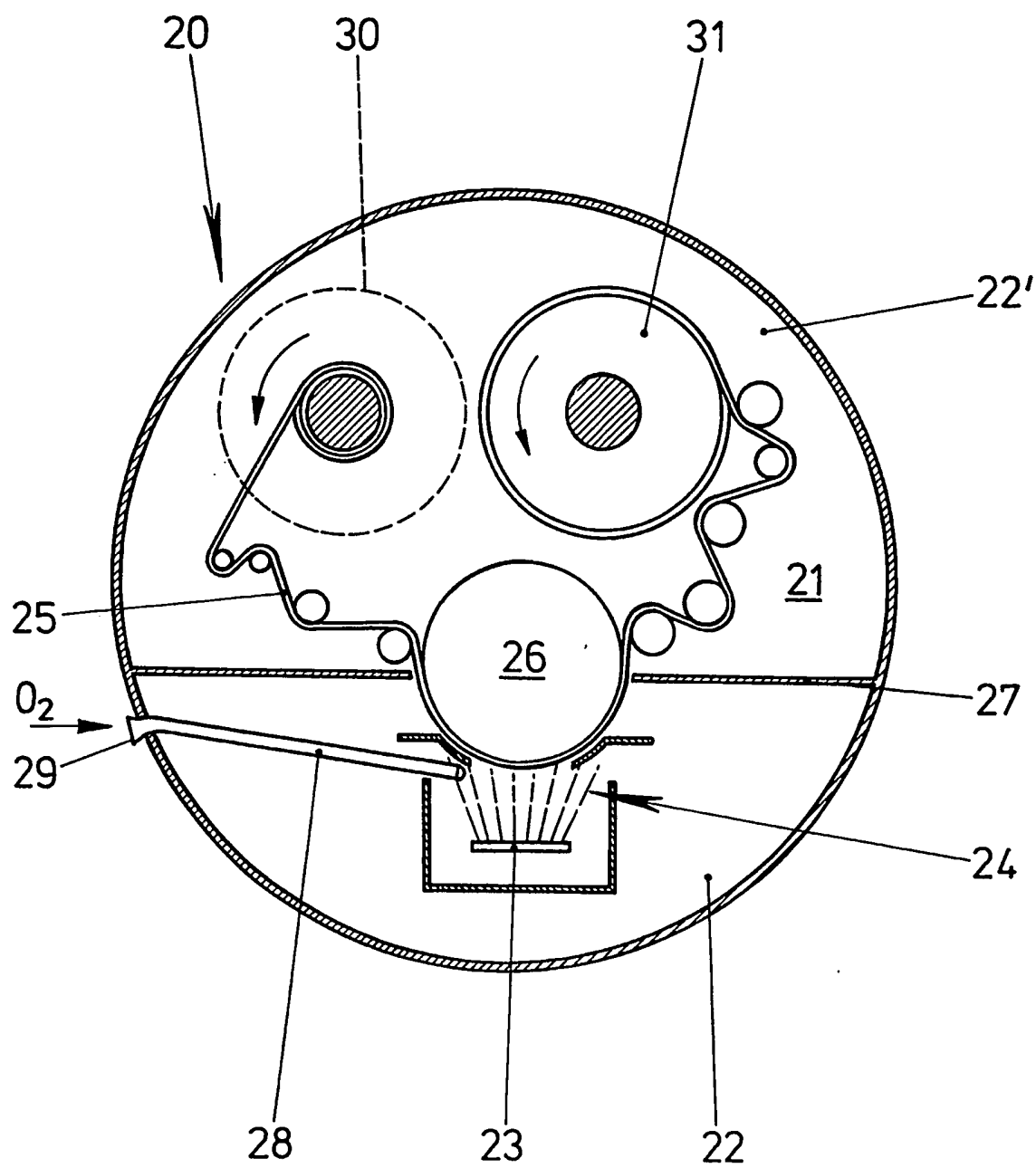


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/000392

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01J3/26 G02B26/00 C23C14/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01J G02B C23C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | DE 198 34 734 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 10 February 2000 (2000-02-10) column 4, line 50 - column 5, line 3; figure 1c | 1-7 |
| Y | column 3, line 10 - line 12 | 8-11 |
| X | US 5 182 670 A (KHAN MUHAMMAD A ET AL) 26 January 1993 (1993-01-26) column 9, line 65 - column 10, line 18; figure 10 | 1 |
| A | US 2002/197459 A1 (HUHN NORBERT ET AL) 26 December 2002 (2002-12-26) paragraphs '0003!', '0009!' ----- -/-- | 4-6 |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 November 2004

Date of mailing of the international search report

23/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hambach, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/000392

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|---|-----------------------|
| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| Y | DE 198 45 268 C (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 5 January 2000 (2000-01-05) column 1, line 1 - line 60 column 4, line 20 - line 67; figure 2 ----- | 8-11 |
| A | EP 0 860 513 A (CANON KK) 26 August 1998 (1998-08-26) column 11, line 45 - column 15, line 40 ----- | 8-11 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/000392

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 19834734 | A | 10-02-2000 | DE 19834734 A1 | 10-02-2000 |
| US 5182670 | A | 26-01-1993 | NONE | |
| US 2002197459 | A1 | 26-12-2002 | FR 2798738 A1 | 23-03-2001 |
| | | | EP 1212643 A1 | 12-06-2002 |
| | | | WO 0120375 A1 | 22-03-2001 |
| | | | JP 2003509716 T | 11-03-2003 |
| DE 19845268 | C | 05-01-2000 | DE 19845268 C1 | 05-01-2000 |
| EP 0860513 | A | 26-08-1998 | EP 0860513 A2 | 26-08-1998 |
| | | | EP 0860514 A2 | 26-08-1998 |
| | | | JP 3332839 B2 | 07-10-2002 |
| | | | JP 11001771 A | 06-01-1999 |
| | | | JP 3332840 B2 | 07-10-2002 |
| | | | JP 10298753 A | 10-11-1998 |
| | | | US 6451184 B1 | 17-09-2002 |
| | | | US 6200431 B1 | 13-03-2001 |